

Fuentes de alimentación

13



Como ya hemos podido comprobar en el estudio de las anteriores unidades, las fuentes de alimentación son fundamentales para proporcionar las tensiones continuas a las que funcionan todos los circuitos construidos a base de semiconductores, como equipos de amplificación, equipos de recepción de radio y TV, etc. Además, las fuentes de alimentación son equipos imprescindibles para la realización de ensayos en el laboratorio de Electrónica, tales como ensayos de componentes, verificación de circuitos, construcción de prototipos, ajustes, etc.

En la Unidad 8 se estudió la parte fundamental de una fuente de alimentación: los diodos rectificadores (convierten la C.A. en C.C. pulsante) y los filtros (reducen el rizado excesivo de la C.C. proporcionada por los diodos rectificadores). Para conseguir reducir aún más el rizado de la corriente obtenida por las fuentes de alimentación y, a su vez, conseguir una mayor estabilidad de la tensión, independientemente de las fluctuaciones de la corriente de carga, se hace necesario el uso de circuitos estabilizadores y/o reguladores. Para construir estos circuitos, se utiliza el diodo Zener y el transistor. En la actualidad se fabrican reguladores de tensión integrados que simplifican enormemente esta tarea.

Comenzaremos por el estudio de los circuitos estabilizadores a base de la combinación del diodo Zener y el transistor, para continuar con los sistemas que proporcionan la posibilidad de regular la tensión de salida a voluntad. Posteriormente, se estudiarán los reguladores integrados, que hoy en día han sustituido a los circuitos a base de componentes discretos. Acabaremos con el estudio de las fuentes de alimentación conmutadas, que proporcionan grandes potencias con un buen rendimiento.

Contenidos

- 13.1. El diodo Zener
- 13.2. Fuentes de alimentación estabilizadas en serie y paralelo
- 13.3. Fuentes de alimentación con reguladores de tensión integrados
- 13.4. Fuentes de alimentación conmutadas

Objetivos

- Analizar la tipología y características funcionales de los diodos Zener y de los reguladores de tensión integrados.
- Analizar el funcionamiento de una fuente de alimentación estabilizada, explicando las características, valores de las magnitudes eléctricas, el tipo y forma de las señales presentes y el tratamiento que sufren dichas señales a lo largo del circuito.
- Seleccionar las características de una fuente de alimentación.

13.1. El diodo Zener

Para reducir al máximo la tensión de rizado de la salida, y así conseguir una tensión de C.C. lo más constante posible, se utilizan los circuitos estabilizadores (Figura 13.1). Una de las formas de conseguir este tipo de circuitos es con la utilización del diodo Zener.

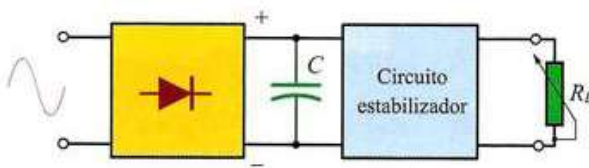


Figura 13.1. Circuito estabilizador de la tensión.

13.1.1. Características del diodo Zener

Al estudiar las características de los diodos de unión, pudimos comprobar que, al aplicar una tensión de polarización inversa a un diodo de unión PN, la corriente inversa que fluye por la unión es muy débil (del orden de unos pocos μA o nA) y que, aunque se aumente la tensión inversa aplicada, esta corriente apenas se modifica. Por otro lado, al aumentar gradualmente la tensión inversa, se llega a provocar un aumento brusco de la corriente (efecto de avalancha).

A este efecto de ruptura de la unión se lo conoce con el nombre de **efecto Zener** y a la tensión inversa a la que se produce se lo denomina tensión Zener (V_Z). En la Figura 13.2 se pueden apreciar las diferentes partes de la curva característica de un Zener con $V_Z = 8 \text{ V}$.

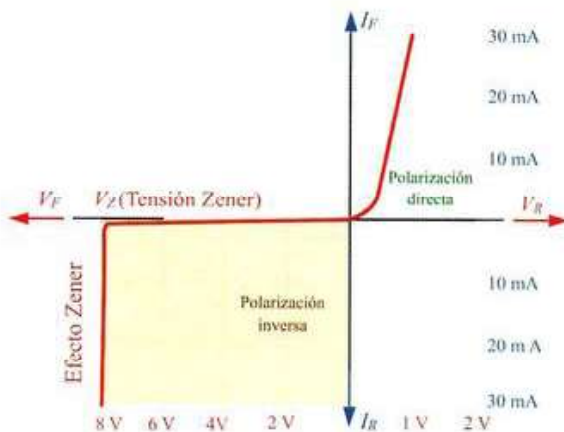


Figura 13.2. Curva característica del diodo Zener.

Existe un tipo de diodo fabricado de una forma especial, llamado Zener, que puede trabajar en estas condiciones de funcionamiento sin que la unión se destruya.

En la Figura 13.3, se puede ver el símbolo utilizado para la representación del diodo Zener.



Figura 13.3. Símbolo del diodo Zener.

El diodo Zener se comporta como un diodo normal al estar polarizado directamente, y comienza a conducir, aproximadamente, a una tensión de $0,7 \text{ V}$. Hay que indicar que este tipo de funcionamiento en los diodos Zener no es el habitual, ya que están diseñados para trabajar en polarización inversa.

Los diodos Zener se fabrican a base de silicio y en una gama de tensiones Zener escalonadas desde 2 hasta 200 V .

Corriente Zener máxima

La corriente Zener (I_Z) que puede soportar un diodo Zener, trabajando en polarización inversa, dependerá de la potencia (P_Z) que este pueda disipar térmicamente. Esta corriente aparece normalmente en las hojas de especificaciones técnicas que facilita el fabricante.

$$I_z = \frac{P_z}{V_z}$$

Actividad resuelta 13.1

La potencia nominal del diodo Zener con la referencia ZPD3 es de 448 mW para una temperatura ambiente de 25° y una tensión Zener de $3,2 \text{ V}$. Averigua cuál será la corriente Zener máxima admisible.

Solución: Aplicando la expresión deducida con anterioridad, tendremos que:

$$I_z = \frac{P_z}{V_z} = \frac{0,448}{3,2} = 0,14 \text{ A}$$

Resistencia Zener

Si observas atentamente la curva inversa de un diodo Zener, podrás apreciar que no es del todo vertical. Esto indica que, al aumentar la corriente inversa, aparece un pequeño aumento de la tensión. Este fenómeno aparece provocado por una pequeña resistencia dinámica, denominada resistencia Zener (R_z).

13.1.2. El Zener como regulador de tensión

Una de las aplicaciones más extendidas del diodo Zener es la de estabilizador de tensión para fuentes de alimentación. Eso se consigue aprovechando la propiedad que poseen dichos diodos de conducir con tensiones de polarización inversa, manteniendo la tensión entre sus extremos prácticamente constante, aunque se modifique apreciablemente la intensidad de corriente inversa que fluye por los mismos.

En la Figura 13.4, se muestra el esquema correspondiente a un regulador de tensión conectado a la salida de un puente rectificador. El diodo Zener consigue mantener la tensión en la carga (V_L) a valores constantes, aunque existan variaciones de tensión (V) a la salida del circuito rectificador y aunque se modifique la corriente por la carga (I_L). La resistencia de polarización del Zener (R_s), que se conecta en serie con el circuito de regulación, tiene como misión mantener la tensión de polarización del Zener entre unos valores aceptables, valiéndose para ello de las caídas de tensión que se producen en ella cuando la corriente que la atraviesa tiende a modificarse.

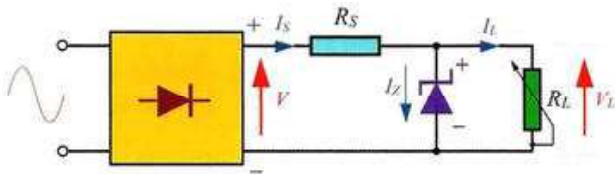


Figura 13.4. Estabilización de tensión mediante diodo Zener.

Los procesos que se dan en este circuito de regulación son los siguientes:

La tensión V_L que aparece en la carga y en el diodo Zener es el resultado de sustraer a la tensión de entrada (V) del regulador la caída de tensión que se produce en la resistencia de polarización (R_s).

En el caso de que la tensión de entrada se eleve, el diodo Zener aumenta su corriente inversa (I_Z) para evitar, en todo momento, que la tensión del Zener se modifique.

Esto trae consigo un aumento de corriente por la resistencia R_s y, por tanto, un aumento de la caída de tensión que esta produce en el circuito. De esta manera se consigue que el aumento de tensión de entrada quede compensado por dicha caída de tensión, manteniéndose la tensión en la carga (V_L) a un valor prácticamente constante.

En el caso de que la tensión de entrada disminuya, los procesos que se dan son similares; la corriente por el diodo

tiende a reducirse para mantener así una tensión constante entre sus terminales. Esto provoca una disminución en la corriente por la resistencia R_s y, por tanto, una disminución de la caída de tensión en ella. El resultado es que la tensión en la carga no se reduce debido a esta disminución en la caída de tensión.

Para estudiar con más detalle cómo actúa este circuito, previamente vamos a eliminar la resistencia R_L que representa a la carga.

Cuando se conecta un diodo Zener (polarizado inversamente) en serie con una resistencia R_s se puede conseguir que la tensión que aparece en sus bornes, permanezca prácticamente constante (Figura 13.5).

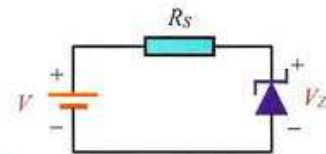


Figura 13.5. El Zener como regulador de tensión.

La resistencia R_s cumple la función de limitadora de corriente. Para que el Zener comience a trabajar en la región de ruptura, hay que aplicar una tensión de fuente V superior a la de ruptura V_Z .

La corriente que se establece en el circuito de la Figura 13.5 se calcula de la siguiente forma:

$$I_z = \frac{V - V_z}{R_s}$$

Igual que se hacía para el diodo de unión, aquí también se puede trazar una línea de carga en la correspondiente curva característica de polarización que nos defina el punto de trabajo del diodo Zener para una determinada resistencia R_s y una tensión de fuente.

Así, por ejemplo, vamos a determinar el punto de funcionamiento del diodo Zener BZX85-C3V9 cuando la tensión de la fuente es de 7 V y la resistencia limitadora de 50 Ω (Figura 13.6).

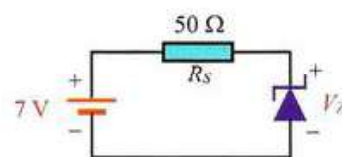


Figura 13.6.

Actividad resuelta 13.2

En la Figura 13.7, se ha dibujado la curva característica en polarización inversa del Zener en un cuadrante diferente al que le corresponde en realidad. Esto es debido a que en algunas hojas de especificaciones técnicas aparece de esta forma, ya que así es más fácil leer los datos.

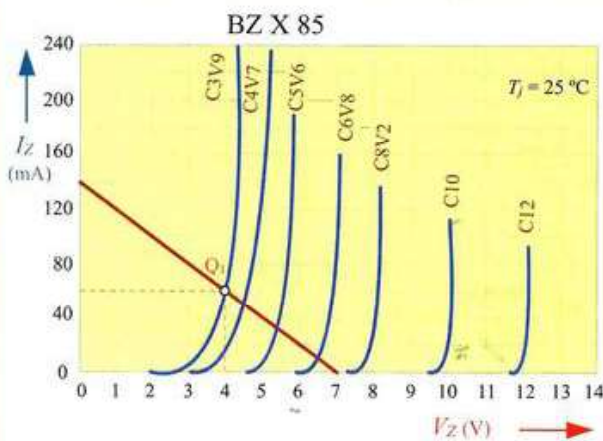


Figura 13.7. Recta de carga del Zener.

Para determinar el punto de trabajo Q_1 , es necesario dibujar previamente la recta de carga, para lo cual habrá que calcular los puntos de intersección de dicha recta con los ejes X e Y.

Para $V_z = 0$:

$$I_z = \frac{V - V_z}{R_s} = \frac{7 - 0}{50} = 0,14 \text{ A} = 140 \text{ mA}$$

Para $I_z = 0$:

$$0 = \frac{7 - V_z}{50} \Rightarrow V_z = 7 \text{ V}$$

Llevando estos valores a la curva, obtenemos la recta de carga y, en la intersección, el punto de trabajo Q_1 . Este punto nos indica que el diodo Zener trabaja con una $I_z = 60 \text{ mA}$ y $V_z = 4 \text{ V}$, tal como se puede deducir en la Figura 13.7.

Para entender cómo trabaja el Zener en el proceso de estabilización de la tensión, vamos a suponer que, por cualquier causa, la tensión de la fuente se desestabiliza y se eleva de 7 a 9 V. Para encontrar el nuevo punto de trabajo del Zener, hay que determinar, previamente, la nueva recta de carga.

Para $V_z = 0$:

$$I_z = \frac{V - V_z}{R_s} = \frac{9 - 0}{50} = 0,180 \text{ A} = 180 \text{ mA}$$

Para $I_z = 0$:

$$0 = \frac{9 - V_z}{50} \Rightarrow V_z = 9 \text{ V}$$

En la Figura 13.8 se muestra la nueva línea de carga.

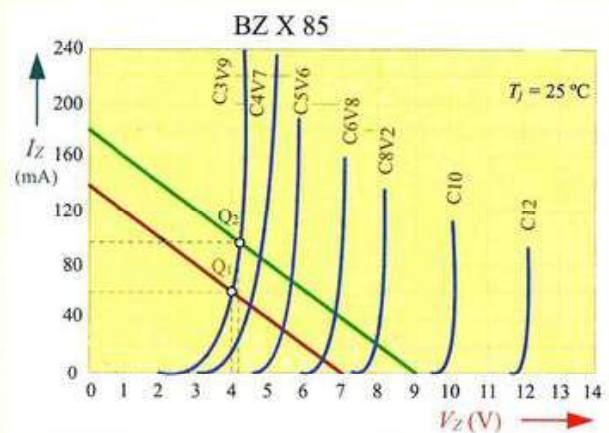


Figura 13.8. Nueva línea de carga del Zener.

El punto Q_2 viene determinado por los valores:

$$I_z = 98 \text{ mA}$$

$$V_z = 4,2 \text{ V}$$

Se puede apreciar claramente cómo se realiza el proceso de estabilización de la tensión y cómo esta se mantiene prácticamente constante gracias a la variación de la corriente provocada por el Zener (la tensión en el diodo Zener solo se incrementa de 4 a 4,2 V a pesar de que la tensión de la fuente aumenta de 7 a 9 V; por supuesto, esto se consigue a costa del aumento experimentado de 60 a 98 mA en la corriente por el Zener).

La pequeña variación que se produce en la tensión Zener es debida a que la curva característica está ligeramente inclinada o, lo que es lo mismo, que la resistencia Zener R_z ejerce su influencia.

Habrás podido observar que, para conseguir una mayor estabilidad de la tensión, conviene trabajar en las zonas menos pendientes de la curva característica, evitando siempre el codo de la misma.

La pequeña variación de tensión ΔV_z que produce un diodo Zener se puede calcular multiplicando la varia-

ción de corriente ocasionada ΔI_z por la resistencia del Zener R_z :

$$\Delta V_z = \Delta I_z \cdot R_z$$

13.1.3. El diodo Zener ideal

Debido a que R_z es de muy pequeño valor y a que, por este hecho, las variaciones de tensión de Zener V_z , al variar I_z , son muy pequeñas, se puede suponer, sin equivocarse mucho, que la tensión V_z permanece siempre constante. Por supuesto, esto se cumplirá siempre que el Zener trabaje con tensiones y corrientes de polarización inversa que estén en torno a los valores nominales.

Actividad resuelta 13.3

El regulador, mostrado en la Figura 13.9, consta de un diodo Zener BZX85-C33, que según las hojas de especificaciones técnicas posee una tensión Zener V_z de 33 V y una corriente máxima admisible de 33 mA. En el caso de que la tensión de entrada al regulador varíe de 45 a 55 V, ¿trabaja el diodo Zener por debajo de su corriente máxima admisible cuando la resistencia de polarización sea 1.000 Ω ?

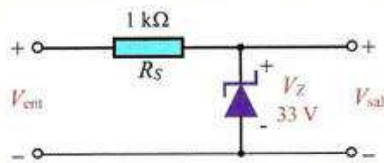


Figura 13.9.

Solución: Utilizando la aproximación del diodo ideal, tenemos que V_z va a permanecer con un valor constante de 33 V.

La corriente mínima por el Zener se dará para la tensión de entrada más baja de 45 V.

$$I_{z(\text{mín})} = \frac{V - V_z}{R_s} = \frac{45 - 33}{1.000} = 0,012 \text{ A} = 12 \text{ mA}$$

Y la corriente máxima para la tensión de entrada más elevada de 55 V:

$$I_{z(\text{máx})} = \frac{55 - 33}{1.000} = 0,022 \text{ A} = 22 \text{ mA}$$

Se puede comprobar que los márgenes de corriente en los que trabaja el Zener son menores a la corriente máxima admisible de 33 mA.

13.2. Fuentes de alimentación estabilizadas en serie y paralelo

La necesidad de las fuentes de alimentación estabilizadas se debe a que la tensión de salida de una fuente de alimentación sufre variaciones, que pueden afectar al buen funcionamiento del receptor al que alimentan. Estas variaciones pueden ser causadas por dos factores:

- Variaciones en la tensión de la red de C.A. que producen, a su vez, variaciones del mismo carácter en la tensión de salida.
- Debido a que la fuente de alimentación posee una determinada resistencia interna, la corriente de carga produce una caída de tensión en ella, con lo que se producen variaciones en la tensión de salida al variar la demanda de energía de la carga.

La función que poseen los circuitos estabilizadores es la de mantener constante la tensión de salida de la fuente de alimentación, aunque varíe la corriente de carga o la tensión de la red. Para conseguirlo y en función de cómo se conecten entre la fuente y la carga, existen dos tipos de circuitos estabilizadores (también llamados reguladores): los estabilizadores en paralelo [Figura 13.10(a)] y los estabilizadores en serie [Figura 13.10(b)].

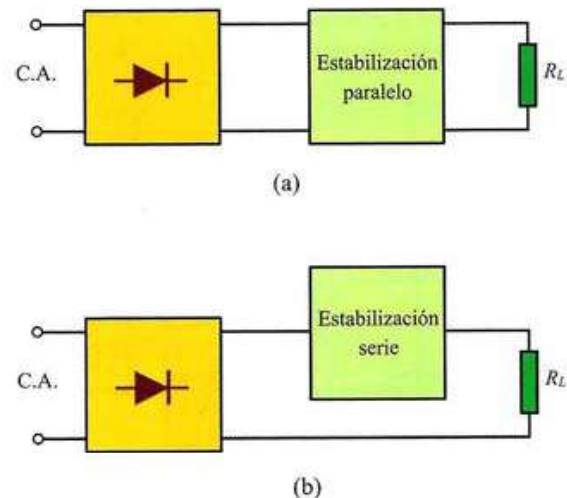


Figura 13.10. (a) Estabilizador en paralelo. (b) Estabilizador en serie.

13.2.1. Estabilizadores en paralelo

Un ejemplo de estabilizadores en paralelo es el que hemos realizado con el diodo Zener como regulador de tensión. En la Figura 13.11, se observa un circuito de este tipo. El diodo Zener, conectado en paralelo con la carga, consigue mantener la tensión Zener (V_Z) en dicha carga a costa de desviar parte de la corriente por sí mismo cuando la tensión se eleva por encima de V_Z .

Este tipo de regulador es muy poco utilizado, ya que se necesitan diodos Zener capaces de soportar grandes corrientes; además, la impedancia de salida que se obtiene con este tipo de regulador es algo elevada.

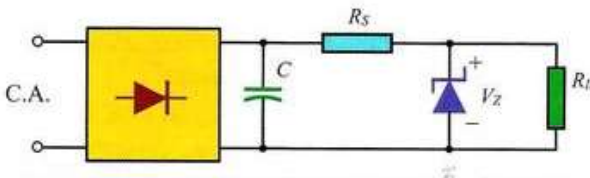


Figura 13.11. Estabilizador en paralelo con Zener.

13.2.2. Estabilizadores en serie

En los estabilizadores en serie el circuito de estabilización se coloca en serie con la carga. Este circuito variará su resistencia interna en función de la tensión que se presente en la carga, de tal forma que, si la tensión tiende a reducirse, dicha resistencia interna disminuye con el fin de que la caída de tensión que en ella se produce disminuya, compensando la reducción inicial; al contrario, si la tensión en la carga tiende a elevarse, se produce un aumento de resistencia interna del estabilizador, y con ella un aumento de la caída de tensión en la misma que da como resultado una compensación del aumento inicial.

Actividad resuelta 13.4

El rectificador de una fuente de alimentación proporciona una tensión de 16 V a una carga con un consumo de 100 mA. Determina la resistencia que deberá poseer el estabilizador en serie para conseguir una tensión estable de 12 V en la carga (Figura 13.12).

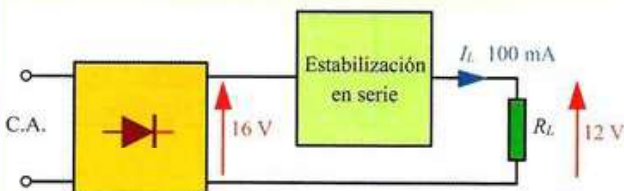


Figura 13.12.

Solución: En cualquier caso, se cumplirá siempre que la tensión en la carga sea igual a la proporcionada por el rectificador menos la caída de tensión que se produzca en la resistencia interna del estabilizador:

$$V_L = V - r_i \cdot I_L$$

En este caso la resistencia interna del estabilizador debe absorber 4 V para mantener la tensión en la carga a 12 V ($12 \text{ V} = 16 \text{ V} - 4 \text{ V}$). Luego la resistencia interna se calcula aplicando la ley de Ohm:

$$r_i = \frac{4 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 40 \Omega$$

¿Qué valor deberá tomar la resistencia interna del estabilizador, si la carga aumenta su demanda de corriente hasta 150 mA?

Solución: Como es lógico, para que se mantenga la tensión en la carga, la caída de tensión producida en el estabilizador debe mantenerse en los 4 V. Para que esto ocurra, la resistencia interna del estabilizador deberá disminuir hasta:

$$r_i = \frac{4 \text{ V}}{0,15 \text{ A}} = 26,7 \Omega$$

Para conseguir un regulador en serie necesitaremos, por un lado, de un elemento que pueda modificar su resistencia interna (dispositivo de control) y de un elemento sensible a los cambios de tensión (tensión de referencia), tal como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 13.13.

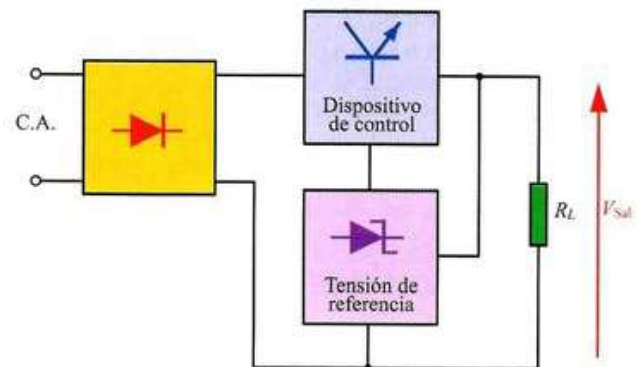


Figura 13.13. Diagrama de bloques de un estabilizador en serie.

Uno de los componentes que puede modificar su resistencia interna es el transistor. Mediante un elemento detector de los cambios de tensión, como un diodo Zener y un transistor, es posible construir un modelo sencillo de regulador en serie como el que se muestra en la Figura 13.14.

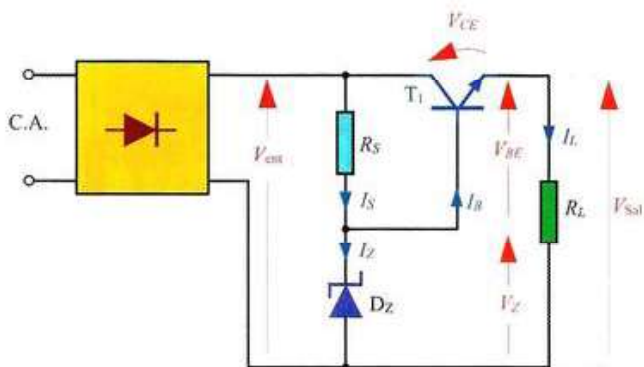


Figura 13.14. Regulador en serie simple.

El transistor T_1 está dispuesto en configuración colector común, lo que nos indica que es un seguidor de emisor. Según se puede apreciar en la Figura 13.14, la tensión de entrada del transistor, que se corresponde con la tensión del Zener, se aplica directamente a la base del transistor y la tensión de salida aparece en el emisor. La tensión de salida de este estabilizador es siempre algo inferior a la de entrada del Zener, tal como se deduce de la siguiente relación:

$$V_{sal} = V_z - V_{BE}$$

De esta forma, si la tensión de entrada aplicada al estabilizador se modifica, la tensión Zener permanece constante, manteniéndose también constante la tensión de salida en la carga.

Hay que tener en cuenta que la tensión base-emisor del transistor es: $V_{BE} = V_z - V_{sal}$, por lo que si, por ejemplo, la tensión de salida tiende a disminuir por un aumento de la corriente en la carga, como la tensión V_z de referencia se mantiene al mismo valor, la tensión base-emisor tiende a aumentar; lo que provoca un aumento en la conducción del transistor y, por tanto, una disminución de la caída de tensión entre colector y emisor que compensa la disminución inicial de V_{sal} .

El efecto de estabilización de la tensión se consigue gracias a la variación que se produce en la resistencia colector-emisor del transistor. Observa que dicha resistencia se encuentra en serie con la carga y que produce una caída de tensión V_{CE} que se resta a la tensión de entrada del estabilizador:

$$V_{sal} = V_{ent} - V_{CE}$$

El diodo Zener está conectado en serie con la resistencia R_S . El valor óhmico de esta resistencia debe ser el adecuado para que el Zener trabaje siempre en la zona de ruptura dentro de unos límites de tensión preestablecidos.

Para entender mejor cómo funciona este circuito de estabilización en serie, supongamos que la tensión de entrada V_{ent} tiende a aumentar. En este caso, el diodo Zener tenderá a mantener la tensión V_z a costa de producir un aumento de la corriente I_z que fluye por sí mismo. Este aumento de I_z se traduce en un aumento de corriente por la resistencia limitadora R_S y, por consiguiente, en un aumento de la caída de tensión entre sus terminales. Como esta resistencia está conectada entre los terminales de colector y base, al aumentar dicha caída de tensión se produce un aumento de la polarización negativa colector-base, que trae como consecuencia un aumento de la resistencia colector-emisor. En definitiva, la tensión V_{CE} se hace mayor y el aumento de tensión de entrada inicial queda compensado, manteniéndose estable la tensión de salida.

Otro de los fenómenos de inestabilidad que se puede dar en la fuente de alimentación es que la carga sea variable. Supongamos que la corriente de carga I_L tiende a aumentar por una disminución de R_L . Como la corriente de emisor I_E es la misma que la de la carga, también aumenta, provocando una elevación de la caída de tensión V_{CE} entre colector y emisor, que trae consigo una disminución de la tensión de salida V_{sal} . A la vez que se produce el aumento de la corriente de emisor, la intensidad de base también tiende a aumentar ($I_B = I_E/\beta$), provocando una elevación de la tensión de polarización V_{BE} . Esto hace que la resistencia de colector-emisor se reduzca y con ella la caída de tensión V_{CE} , manteniéndose constante la tensión de salida en la carga.

Actividad resuelta 13.5

El puente rectificador de una fuente de alimentación proporciona una tensión continua de 14 V al estabilizador en serie de la Figura 13.15. Para conseguir una tensión estable en la salida, se conecta un diodo Zener de 8,2 V con una resistencia limitadora de 100 Ω . Si el transistor posee una ganancia $\beta = 80$, determina la tensión y corriente para una carga de 75 Ω , la corriente

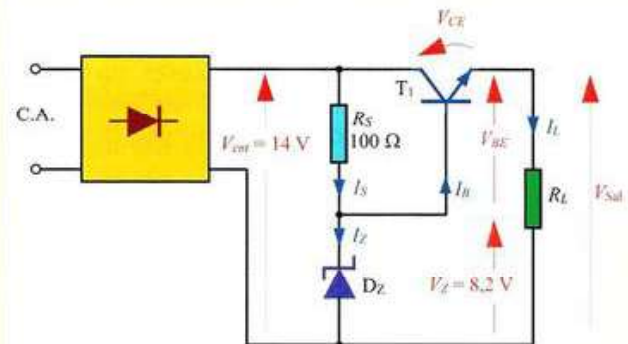


Figura 13.15.

por el Zener, así como la potencia que disipa el transistor.

Solución: La tensión en la carga será igual a:

$$V_{\text{sal}} = V_z - V_{BE} = 8,2 - 0,7 = 7,5 \text{ V}$$

La corriente por la carga la calculamos con la ley de Ohm:

$$I_L = \frac{V_{\text{sal}}}{R_L} = \frac{7,5}{75} = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

La corriente por el Zener la calculamos aplicando la 1.ª ley de Kirchoff:

$$I_z = I_s - I_B$$

La corriente por la resistencia limitadora es igual a:

$$I_s = \frac{V_{\text{ent}} - V_z}{R_s} = \frac{14 - 8,2}{100} = 0,058 \text{ A} = 58 \text{ mA}$$

La corriente por la base la determinamos a partir de la ganancia del transistor:

$$\text{Como } I_E = I_L, \quad I_B = \frac{I_E}{\beta} = \frac{100}{80} = 1,25 \text{ mA}$$

$$I_z = 58 - 1,25 = 56,75 \text{ mA}$$

La potencia de disipación del transistor será igual a:

$$P = V_{CE} \cdot I_E = (V_{\text{ent}} - V_{\text{sal}}) \cdot I_E = (14 - 7,5) \cdot 0,1 = 0,65 \text{ W}$$

13.2.3. Estabilizador en serie con realimentación

Este tipo de estabilizador mejora las características del estudiado con anterioridad, al añadir un dispositivo de comparación (*comparador*). Este dispositivo compara la tensión de salida con la de referencia del Zener, dando como resultado una tensión diferencial de realimentación que activa el dispositivo de control, y que consigue mantener la tensión de salida a un valor estable.

En el circuito de estabilización de la Figura 13.16, se ha empleado un amplificador operacional como elemento comparador. La tensión de realimentación se aplica a la entrada inversora y la de referencia del Zener a la no-inversora. En la salida del amplificador operacional se obtiene una tensión diferencial que activa al transistor de control.

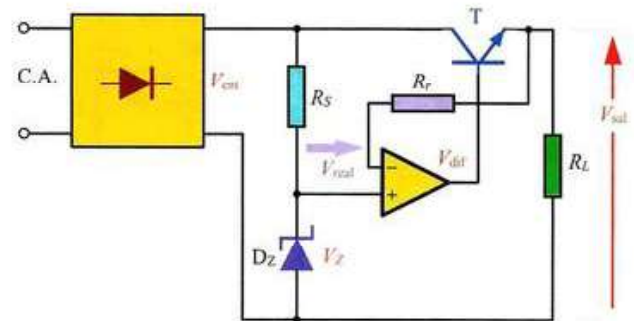


Figura 13.16. Estabilizador serie con AO.

13.3. Fuentes de alimentación con reguladores de tensión integrados

Debido al gran avance de las nuevas tecnologías en la integración de circuitos, hoy en día se fabrican una gran variedad de reguladores de tensión en forma de circuito integrado de tan solo tres terminales. Estos circuitos, que permiten integrar una gran cantidad de componentes discretos en una única cápsula (C.I.), hacen más fácil el trabajo del proyectista y abaratan considerablemente el producto final.

En la Figura 13.17 se muestra el circuito de una fuente de alimentación estabilizada mediante un regulador integrado.

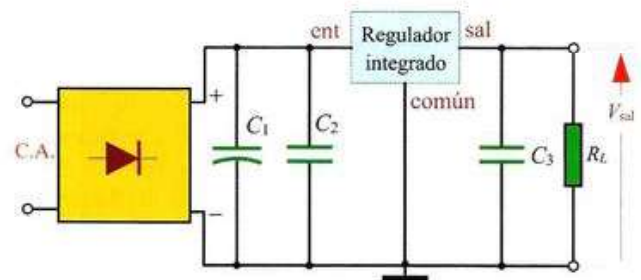


Figura 13.17. Fuente de alimentación con regulador integrado.

El regulador integrado consta de tres terminales: uno se corresponde con el de entrada de la tensión sin estabilizar y otro con el de salida de tensión estabilizada. El tercero se corresponde con el terminal común a la entrada y salida que, por lo general, se conecta a masa.

A modo de ejemplo, en la Figura 13.18 se muestra el aspecto del regulador integrado LM7805 y la disposición de sus terminales.

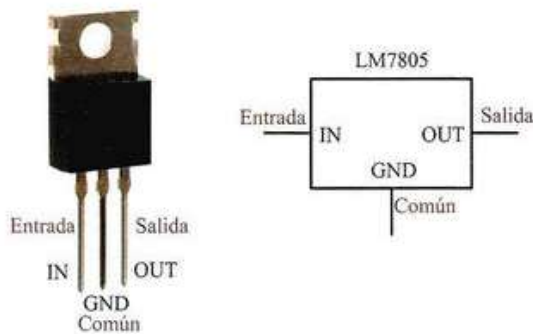


Figura 13.18. Regulador de tensión integrado LM7805.

Esta fuente de alimentación es muy sencilla, ya que, aparte de los componentes habituales (transformador, diodos rectificadores y condensador C_1 de alta capacidad, que hace las funciones de filtro), se compone del C.I. del regulador al que se le añaden un condensador C_2 de baja capacidad a la entrada del regulador y otro C_3 a la salida. Estos condensadores poseen la función de proporcionar una tensión a la entrada y salida del regulador más estable para ruidos de alta frecuencia.

Los reguladores de tensión integrados ofrecen muy buenas características para las diferentes aplicaciones. Seguidamente, indicamos una clasificación de las características más relevantes de estos según su aplicación:

- a) Según su polaridad:
 - Salida positiva (negativo a masa).
 - Salida negativa (positivo a masa).
- b) Según la corriente que pueden controlar:
 - De potencia.
 - De señal.
- c) Según la amplitud de la tensión de salida:
 - Tensión de salida fija.
 - Tensión de salida ajustable.
- d) Según sus protecciones:
 - Con limitación de corriente.
 - Sin limitación de corriente.
 - Con limitación ajustable de corriente.

En las hojas de especificaciones técnicas que proporcionan los fabricantes de reguladores integrados (Data Book) se pueden encontrar las características más significativas de estos, como son:

- Corriente máxima de salida.
- Tensión de regulación.
- Protecciones internas (al cortocircuito, sobrecargas, sobrecalentamientos, etc.).
- Tipo de encapsulado.

- Temperaturas de trabajo, temperatura máxima de la unión.
- Tensión de entrada máxima y mínima.
- Tensión de salida máxima, nominal y mínima.
- Tensión de rizado en la salida.

En el mercado existen una gran variedad de reguladores de tensión integrados. Seguidamente, vamos a estudiar, a modo de ejemplo, las características de alguno de los reguladores más representativos.

13.3.1. La serie de reguladores 7800

Dentro de esta serie, existe una variedad que proporciona tensiones fijas desde 5 hasta 24 V, tal como se muestra en la Tabla 13.1.

Tabla 13.1. Tensiones del regulador 7800.

Regulador integrado	Tensión nominal de salida	Tensión de entrada mínima (V)	Tensión de entrada máxima (V)
7805	+5 V	7	25
7806	+6 V	8	25
7808	+8 V	10,5	25
7885	+8,5 V	10,5	25
7812	+12 V	14,5	30
7815	+15 V	17,5	30
7818	+18 V	21	33
7824	+24 V	27	38

- Corriente de salida máxima: 1,5 A.
- Potencia máxima de disipación: 15 W.
- Temperaturas de trabajo: 0°C-150°C.
- Polaridad positiva (negativo a masa).
- Limitación de corriente de cortocircuito.
- Protección contra sobrecarga térmica.

Se fabrican en dos tipos de encapsulado:

- En metal, con la cápsula tipo TO-3 [Figura 13.19(b)].
- En plástico, con la cápsula tipo TO-220AB [Figura 13.19(a)].

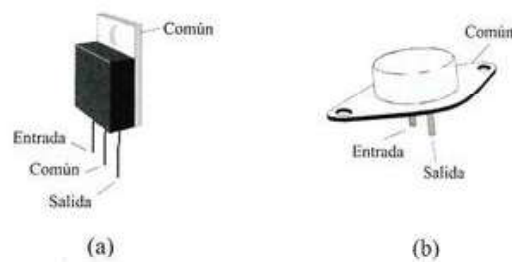


Figura 13.19. Encapsulados de reguladores integrados. (a) TO-220AB, (b) TO-3.

Electrical Characteristics LM7805							
Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	4.8	5.0	5.2	V	
		5.0mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P _O ≤ 15W V _I = 7V to 20V	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation	Regline	T _J = +25 °C	V _O = 7V to 25V	-	4.0	100	mV
			V _I = 8V to 12V	-	1.6	50	
Load Regulation	Regload	T _J = +25 °C	I _O = 5.0mA to 1.5A	-	9	100	mV
			I _O = 250mA to 750mA	-	4	50	
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	I _O = 5mA to 1.0A	-	0.03	0.5	mA	
		V _I = 7V to 25V	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	ΔV _O /ΔT	I _O = 5mA	-	-0.8	-	mV/°	
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	230	-	mA	
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A	

Figura 13.20. Hoja de características del regulador integrado LM7805.

Con el encapsulado metálico se consigue mayor potencia de trabajo que con el de plástico, con lo que se pueden aumentar considerablemente estas potencias incorporando aletas de refrigeración.

La serie de reguladores de tensión 7900 posee polaridad negativa y las mismas características eléctricas que la serie 7800.

A modo de ejemplo, en la Figura 13.20 se muestra un recorte de la hoja de características del regulador integrado LM7805 con la interpretación de las especificaciones más relevantes.

13.3.2. Reguladores integrados con tensión ajustable

Mediante un regulador integrado es posible obtener en la salida una tensión ajustable a la salida. Para ello, se incluye entre los terminales de salida y común del regulador una resistencia fija R_1 y un potenciómetro R_2 , tal como se muestra en el circuito de la Figura 13.21.

Con este sistema, es posible ajustar el valor de la tensión de salida por encima de la tensión nominal del regulador. Estudiaremos detenidamente cómo se consigue esto.

En el circuito de la Figura 13.21 se ha tomado el regulador integrado LM7805, lo que implica que su tensión nominal de regulación es $V_n = 5$ V. Se trata de averiguar cuál será

** Consulta en el MATERIAL WEB que se ha preparado para este texto, las hojas de características de la serie de reguladores LM7800 y LM7900.

la tensión máxima que se puede obtener en la salida al ajustar el potenciómetro R_2 a su valor máximo.

El terminal común del regulador no se ha conectado a masa, sino a la resistencia R_2 . Por otro lado, la tensión nominal del regulador V_n aparecerá de forma casi invariable entre el terminal común y el de salida, por lo que esta tensión queda aplicada entre los extremos de la resistencia R_1 . Todos los reguladores integrados derivan por su terminal común una pequeña corriente, conocida por el nombre de *corriente de reposo* I_Q . Esta corriente suele ser muy pequeña (casi nunca supera los 8 mA) y permanece prácticamente constante para las diferentes condiciones de trabajo. Así, tenemos que la tensión de salida del regulador será igual a la suma de la tensión en R_1 y R_2 :

$$V_{sal} = V_n + R_2 I_{R2}$$

Como $I_{R2} = I_Q + I_{R1} = I_Q + \frac{V_n}{R_1}$, tenemos que:

$$V_{sal} = V_n + R_2 \left(I_Q + \frac{V_n}{R_1} \right)$$

Donde queda clara la dependencia que posee la tensión de salida con las resistencias R_1 y R_2 .

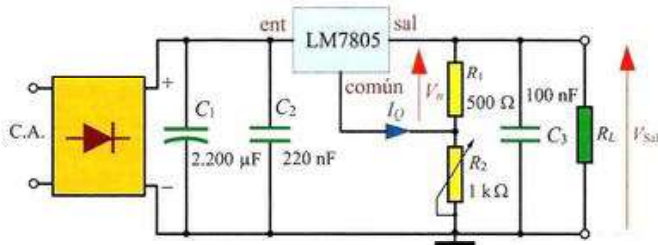


Figura 13.21. Fuente de alimentación con regulador de tensión ajustable.

Actividad resuelta 13.6

En nuestro ejemplo de la Figura 13.21, tomando 8 mA como corriente de reposo, obtendremos una tensión máxima igual a:

$$V_{sal} = 5 + 1.000 \left(0,008 + \frac{5}{500} \right) = 23 \text{ V}$$

Actividad propuesta 13.1

¿A qué valor habrá que ajustar el potenciómetro R_2 para conseguir una tensión de salida de 10 V?

Resultado: 278 Ω

A pesar de que se puede construir una fuente de alimentación con tensión regulable con cualquier regulador integrado, existen en el mercado reguladores de tensión integrados específicos para realizar esta tarea de una forma más adecuada y que sean capaces de cubrir un mayor rango de regulación de tensión, como por ejemplo el LM317T. Este regulador posee una tensión nominal de tan solo 1,25 V. De esta forma puede entregar a la salida una tensión ajustable entre 1,25 V y 37 V.

La corriente máxima que puede proporcionar es de 1,5 A y es necesario el uso de un disipador de calor para evitar el exceso de temperatura. Incluye protección por sobrecarga de corriente y exceso de temperatura. En la Figura 13.22 se muestra el aspecto del regulador integrado LM7317T y la disposición de sus terminales.

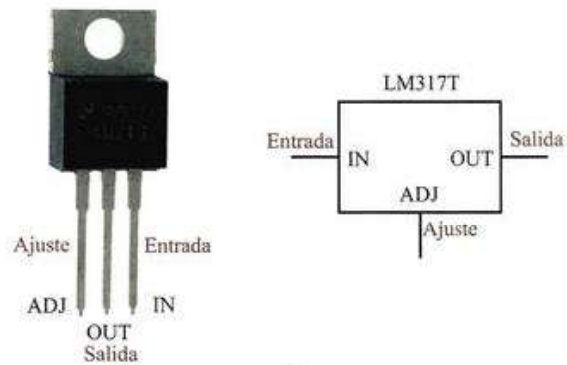


Figura 13.22. Regulador integrado de tensión ajustable LM317T.

Para el cálculo de la tensión a la salida de este regulador se aplican los mismos conceptos ya estudiados, con la diferencia de que el LM317T posee una corriente de reposo de 100 μA .

Actividad resuelta 13.7

En la Figura 13.23 se muestra el circuito típico de una fuente de alimentación con el regulador LM317T. Calcula la máxima tensión de salida.

$$V_{sal} = 1,25 + 5.000 \left(0,0001 + \frac{1,25}{240} \right) = 32,29 \text{ V}$$

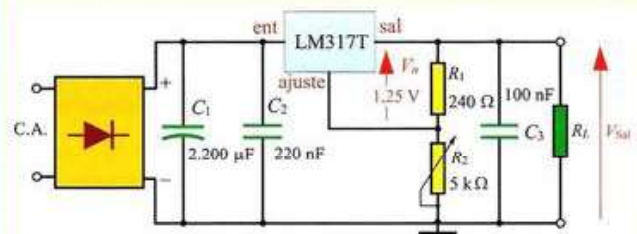


Figura 13.23.

13.3.3. Fuente de corriente con regulador integrado

Conectando una resistencia R_1 en serie con la carga y conectando el terminal común del regulador integrado entre esta resistencia y la carga, se puede conseguir que la corriente que entregue el regulador a la carga sea fija, independientemente del valor óhmico que tome la resistencia de carga R_L . En la Figura 13.24, se muestra el circuito de este tipo.

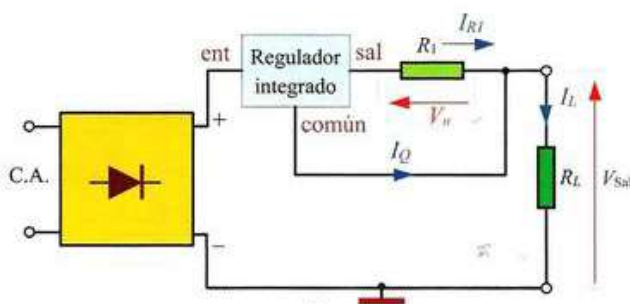


Figura 13.24. Fuente de corriente con regulador integrado.

En este circuito, se cumple que la intensidad I_L por la carga es igual a la suma de la corriente de reposo I_Q más la que fluye por la resistencia limitadora R_1 . Como la tensión de regulación queda aplicada en dicha resistencia, se cumple que:

$$I_L = I_Q + I_{R1} = I_Q + \frac{V_n}{R_1}$$

Actividad resuelta 13.8

Así, por ejemplo, si en el regulador LM7815 conectamos una resistencia limitadora de 20Ω , la corriente quedará fijada para un valor aproximado de:

$$I_L = 0,008 + \frac{15}{20} = 0,758 \text{ A} = 758 \text{ mA}$$

Este valor se mantendrá fijo para diferentes valores óhmicos de carga.

Actividad propuesta 13.2

¿De qué potencia deberá ser como mínimo la resistencia limitadora en este caso? ¿Qué tensión aparecerá en una carga de 30Ω ?

Resultado: 11,25 W; 22,74 V

Aparte de los reguladores integrados 78XX y 79XX existe una gran variedad de los mismos, como, por ejemplo, para tensiones fijas con tres terminales: LM109, LM209, LM309, LM123, LM223, LM323; para tensiones ajustables con tres terminales: LM117, LM217, LM317, LM137, LM237, LM337, LM138, LM238, LM338; reguladores con más de tres terminales: L200, LM105, LM205, LM305, TEA5110; A723, TEA7028, TEA7034 y otros muchos más, que hacen posible el diseño de fuentes de alimentación adecuadas a las necesidades del proyectista.

13.4. Fuentes de alimentación conmutadas

Dado el gran avance de la integración de circuitos, hoy en día se incorporan a la mayoría de los equipos de consumo del sector electrónico las fuentes de alimentación conmutadas. En un principio, este tipo de alimentación es mucho más compleja y cara, pero posee un rendimiento mucho mayor que las fuentes de alimentación convencionales (las fuentes de alimentación conmutadas consiguen hasta un rendimiento del 80 % frente al 40 o 50 % de las convencionales).

En las fuentes de alimentación convencionales, tanto los transistores de control como los reguladores de tensión integrados que se conectan en serie con la carga, consiguen controlar la tensión a un valor estable a costa de producir una caída de tensión entre los terminales de entrada y salida. De esta forma, estos elementos tienen que disipar una potencia igual a dicha caída de tensión por la intensidad máxima que fluye hacia la carga. Esta potencia se considera una pérdida y se transforma íntegramente en calor, por lo que el rendimiento que se consigue es bajo, aparte del inconveniente añadido de tener que deshacerse del calor generado con voluminosas aletas de refrigeración o, incluso, ventiladores.

Las fuentes de alimentación conmutadas utilizan otro método de trabajo, ya que hacen trabajar al transistor de control, que queda en serie con la carga, en forma de conmutación. Esto significa que dicho transistor va a trabajar únicamente en dos estados: en corte o en saturación (como un interruptor abierto o como un interruptor cerrado). De esta forma, se consigue que la disipación de potencia en el transistor de control en cualquiera de los dos estados sea mínima (en corte, la corriente es prácticamente nula, mientras que la resistencia colector-emisor es elevada; en saturación, la corriente es elevada pero la resistencia colector-emisor es muy pequeña), lo que puede aumentar la corriente que controla dicho transistor respecto al utilizado en una fuente de alimentación convencional.

En la Figura 13.25 se muestra en un diagrama de bloques las partes fundamentales de que consta una fuente de alimentación conmutada.

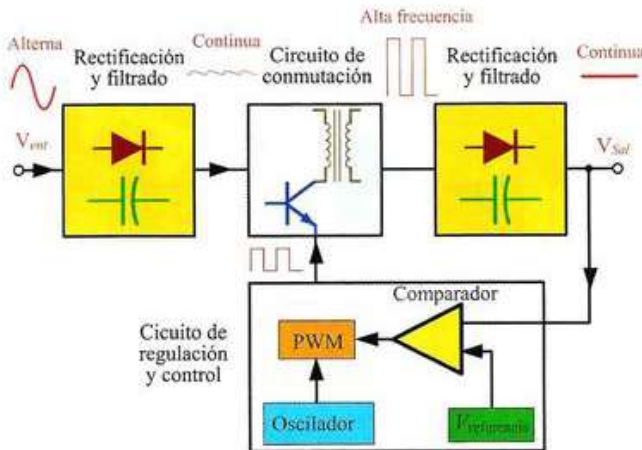


Figura 13.25. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación conmutada.

En un primer paso, al igual que se hace en una fuente de alimentación convencional, aparece el circuito de rectificación y filtrado. Posteriormente, se dispone del circuito de conmutación, al que se le añade un transformador con núcleo de ferrita. A la salida de dicho circuito de conmutación se le conecta una nueva etapa de rectificación y filtrado. El circuito de control y regulación toma parte de la tensión de salida y la realimenta al circuito de conmutación.

El funcionamiento simplificado de este sistema viene a ser de la siguiente forma: una vez rectificadas y filtradas la tensión de entrada de C.A., el transistor de control conmuta (todo o nada) esta tensión continua a una frecuencia entre 20 y 50 kHz, con lo que se obtiene una tensión alterna de tipo triangular en su salida. Para conseguir la tensión estable deseada en la salida, el circuito de regulación gobierna al transistor de control, modificando la frecuencia de conmutación o variando el tiempo de conducción de dicho transistor. El transformador de ferrita, que se incluye en el circuito de conmutación, proporciona la tensión de salida adecuada y realiza funciones de separación con la red. Por último, se rectifica y filtra la onda cuadrada proveniente del circuito de conmutación, obteniendo al final una tensión continua estable del valor deseado.

Para cualquier desestabilización de la tensión de salida, el circuito de control y regulación ajusta automáticamente el funcionamiento del circuito de conmutación hasta conseguir el valor prefijado.

Uno de los problemas que suelen presentar las fuentes conmutadas son las radiaciones electromagnéticas que genera la onda rectangular de alta frecuencia del circuito de conmutación. Estas radiaciones pueden interferir en el funcio-

namiento de otras partes importantes del equipo al que se le suministra energía o provocar molestos ruidos parásitos en equipos de recepción de radio o televisión. Para evitar estos inconvenientes se añade a la entrada de la fuente de alimentación un filtro; además se apantallan aquellos circuitos o componentes causantes de la radiación.

Las fuentes conmutadas se están imponiendo en el mercado gracias a la utilización de reguladores de conmutación integrados, que incluyen, entre otros componentes, osciladores, amplificadores operacionales, comparadores y circuitos digitales.

Un ejemplo de estos circuitos integrados es el TEA2018A (Figura 13.26) que en combinación con un transistor exterior de control puede proporcionar potencias superiores a los 90 W. Se aplica fundamentalmente en equipos de televisión, amplificadores Hi-Fi, generadores de funciones, videojuegos, ordenadores, etc.

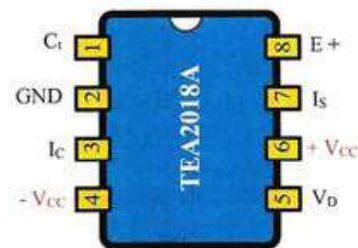


Figura 13.26. Circuito integrado TEA2018A para fuentes de alimentación conmutadas.

En la Figura 13.27 se muestra el aspecto de una fuente conmutada comercial.



Figura 13.27. Fuente de alimentación conmutada.

Una de las particularidades de estas fuentes es que se consigue reducir de forma considerable el tamaño del transfor-

mador. El ingenio consiste en hacer funcionar al transformador a una frecuencia elevada, por encima de la audible (para evitar ruidos molestos) entre 100 y 500 kHz. Cuando se aumenta la frecuencia de trabajo de un transformador, el nivel de inducción entre el primario y el secundario se hace mucho mayor, por lo que se necesita mucho menos flujo magnético para la transferencia de energía entre ambos bobinados. De esta forma se puede reducir el tamaño del núcleo magnético y el del número de espiras de los bobinados.

El inconveniente que se presenta, al trabajar el transformador a una frecuencia tan elevada, es que se produce un aumento exagerado en las pérdidas por corrientes inducidas (corrientes parásitas) en el núcleo magnético, que hacen inviable su funcionamiento para núcleos conductores

de la electricidad, como el hierro. La solución ha este problema es emplear núcleos que no sean conductores, como lo son los de ferrita.

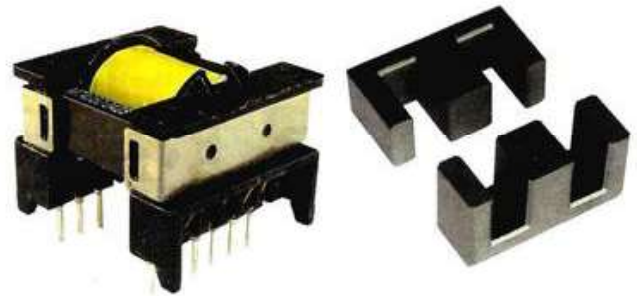


Figura 13.28. Transformador con núcleo de ferrita.

Actividad propuesta 13.3

Entra en Internet y busca fabricantes de fuentes de alimentación conmutadas, consigue catálogos de las mismas y realiza una clasificación de las mismas según sus características técnicas y prestaciones.

A modo de ejemplo, en la Figura 13.29 se muestra el extracto de un catálogo comercial de fuentes conmutadas.

G3 Series		
	Wattage	15W~150W
	Features	<ul style="list-style-type: none"> • Miniature size, non-PFC • High reliability, 5G vibration, 70°C operation • 300VAC input surge, all using 105°C capacitors • Suitable for critical applications • 2 outputs are isolated for RID series
	Model No.	Single RS-15 / RS-25 / RS-35 / RS-50 / RS-75 / RS-100 / RS-150
	Data Link	Dual RD-35 / RD-50 / RD-65 / RD-85 / RD-125 RID-50 / RID-65 / RID-85 / RID-125 Triple RT-50 / RT-65 / RT-85 / RT-125 Quad RQ-50 / RQ-65 / RQ-85 / RQ-125
SE Series		
	Wattage	200W~1500W
	Features	<ul style="list-style-type: none"> • Non-PFC, complete protections • Economical medium to high power models with safety certificate
	Model No. Data Link	SE-200 / SE-350 / SE-450 / SE-600 / SE-1000 / SE-1500
RSP Series		
	Wattage	320W~3000W
	Features	<ul style="list-style-type: none"> • Low profile with PFC function • With complete functions for 750W~ 3000W • Built-in parallel function for 1000W~3000W
	Model No. Data Link	RSP-320 / RSP-750 / RSP-1000 / RSP-1500 / RSP-2000 / RSP-2400 / RSP-3000
SDR Series		
	Wattage	120W~480W
	Features	<ul style="list-style-type: none"> • Slim design and high efficiency up to 94% • Built-in active PFC function • Assemble on Industrial rail TS35 / 7.5 or 15 • Built-in DC OK relay contact • 150% peak load capability
	Model No. Data Link	SDR-120 / SDR-240 / SDR-480 / SDR-480P

Figura 13.29. Fuentes de alimentación conmutadas (cortesía MEAN WELL).

Prácticas de laboratorio

13.1. Verificación de un diodo Zener. Para comprobar si un diodo Zener está en buen estado es necesario someterlo al ensayo que se indica a continuación:

Toma un diodo Zener, por ejemplo uno de $V_z = 12\text{ V}$, y mediante una fuente de alimentación de tensión ajustable (0 a 30 V, 0,5 A) y una resistencia limitadora de $2\text{ k}\Omega/1\text{ W}$, monta el circuito de la Figura 13.30.

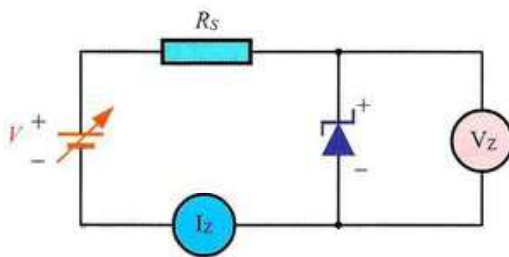


Figura 13.30. Verificación de un Zener.

Ahora, aumenta paulatinamente la tensión de la fuente y mediante el amperímetro y el voltímetro comprueba en cada momento las medidas de I_z y V_z . Para un Zener en buen estado, se debe mantener la tensión V_z a un valor estable, en torno a los 12 V, siempre que en la fuente se suministre una tensión algo superior. Comprueba cómo aumenta la corriente por el diodo Zener cuando se aumenta la tensión de alimentación por encima de los 12 V nominales del Zener, teniendo en cuenta que nunca se deberá superar la $I_{z(\text{máx})}$ recomendada por el fabricante.

13.2. Fuente de alimentación estabilizada con diodo Zener. En la Figura 13.31 se muestra el circuito correspondiente a una fuente de alimentación estabilizada. El puente rectificador y el filtro con condensador consiguen una tensión continua con una tensión de rizado determinada. El efecto combinado del diodo Zener y la resistencia de polarización consigue reducir la tensión de rizado a valores muy pequeños y estabilizar la tensión en la carga, aunque esta se modifique.

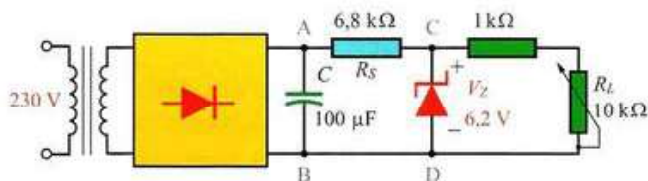


Figura 13.31.

El diodo Zener utilizado como regulador podría ser el BZX85-C6V2 o el BZY96-C6V2, es decir, un diodo que posea unos 6,2 V de tensión Zener. Para comprobar el efecto de estabilización cuando la carga se modifica, se ha utilizado un potenciómetro de $10\text{ k}\Omega$ conectado a una resistencia fija de $1\text{ k}\Omega$.

- Consigue el Zener, observa su aspecto e identifica sus terminales. Seguidamente, consulta en las especificaciones técnicas que facilita su fabricante y anota los valores característicos más relevantes del diodo seleccionado.
- Monta el circuito de la Figura 13.30 en el entrenador didáctico y, antes de suministrar energía al primario del transformador, sitúa en su máxima resistencia al potenciómetro que simula a la carga variable.
- Suministra energía al circuito y mediante un osciloscopio comprueba el aspecto de la tensión de salida en el puente rectificador (puntos A-B). Realiza la misma operación para la tensión de salida del regulador (puntos C-D) y compara los resultados obtenidos, poniendo especial atención en la disminución que el regulador produce en el rizado. Con un voltímetro de C.C. mide también las tensiones en dichos puntos.
- Varía la carga mediante el potenciómetro, haciendo que su resistencia sea cada vez más pequeña. Repite las medidas del apartado (c) en cada una de las modificaciones de la carga y comprueba el efecto estabilizador del diodo Zener para cualquier régimen de carga.

13.3. Verificación de una fuente de alimentación. Comprueba a qué tipo pertenece la fuente de alimentación del laboratorio de electrónica y observa si existe en su circuito algún regulador de tensión integrado. Si es así, identifícalo y con la ayuda de un Data Book, obtén las características más significativas del mismo.

Seguidamente, conecta una carga a la salida de la fuente de alimentación y observa con un osciloscopio la calidad de la corriente continua en las diferentes etapas de la fuente de alimentación: después de los rectificadores, después del filtrado y después del regulador integrado.

A continuación, conecta a la salida un reóstato (resistencia variable de potencia) (Figura 13.32) y modifica la corriente de carga suministrada por la fuente de alimentación, comprobando el grado de estabilidad de la tensión en la carga y calcula el porcentaje de regulación obtenido, así como su resistencia interna.

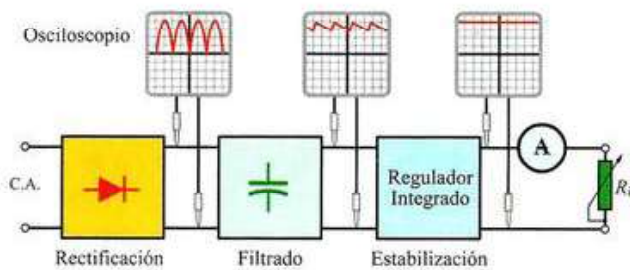


Figura 13.32. Verificación de una fuente de alimentación.

Por último, somete a la fuente de alimentación a corrientes de carga superiores a la nominal y comprueba cómo actúa el sistema de limitación de corriente.

13.4. Diseño de una fuente de alimentación regulada.

Se trata de diseñar el circuito para una fuente de alimentación estabilizada mediante un regulador de tensión integrado de la serie 78XX.

Para dar mayor versatilidad a la fuente, se le podrá incorporar un potenciómetro con el fin de poder ajustar la tensión de salida dentro de unos valores determinados. De esta forma, el esquema del circuito podría ser el de la Figura 13.33.

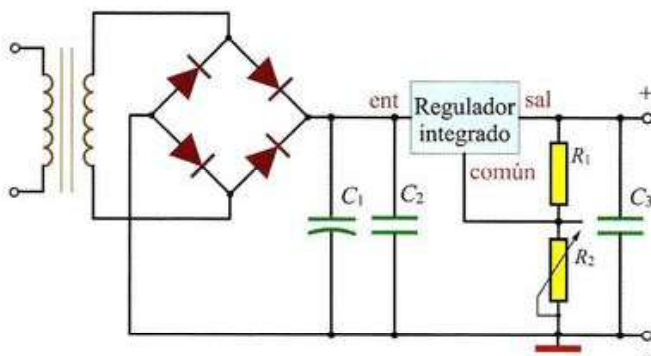


Figura 13.33.

El primer paso que habrá que dar será elegir la tensión y corriente nominal de salida. Con estos datos y con la ayuda de las especificaciones técnicas de los reguladores de tensión integrados, seleccionaremos el regulador que más se ajuste a nuestras necesidades.

Los valores del potenciómetro de ajuste R_2 y de la resistencia R_1 del divisor de tensión se calcularán para obtener las tensiones de ajustes deseadas en la salida.

Para el filtro C_1 será necesario un condensador de 2.200 μF o superior. Los condensadores antiparasitarios C_2 y C_3 podrán ser de 220 nF y 100 μF , respectivamente. Para la selección de los diodos de rectificación habrá que tener en cuenta la corriente nominal que van a suministrar, así como la tensión inversa que han de soportar. El transformador tendrá unas características tales que sea capaz de entregar la corriente nominal, así como la tensión requerida a la entrada del puente rectificador.

No olvidar que los reguladores de tensión integrados se calientan cuando realizan el proceso de estabilización. Por esta razón, es importante tener este factor en cuenta y fijar la cápsula del regulador a una aleta de refrigeración adecuada.

Para dar más calidad al diseño, se sugiere añadir las siguientes mejoras:

- Incluir un interruptor para cortar la alimentación del primario del transformador.
- Incluir un fusible de calibre adecuado a la salida del transformador, con el fin de proteger el rectificador y los filtros contra posibles cortocircuitos.
- Incluir un diodo LED, con su adecuada resistencia limitadora, a la salida del puente rectificador, con el fin de señalar el encendido de la fuente de alimentación.

Para el montaje de los componentes, será necesario el diseño de una placa de circuito impreso, donde se conectarán los mismos mediante soldadura.

Una vez encontrados los valores adecuados de los componentes necesarios para esta fuente de alimentación y diseñada la placa del circuito impreso, monta y conecta las diferentes partes del circuito y prepara la fuente para realizar las pruebas de verificación.

Verificación de la fuente de alimentación

Conecta una carga y un amperímetro a la salida de la fuente de alimentación y, mediante un osciloscopio, comprueba la calidad de la corriente continua en las diferentes etapas de la fuente de alimentación: después de los rectificadores y del filtrado y después del regulador integrado.

Comprueba cómo la tensión de salida se modifica al actuar sobre el potenciómetro de ajuste.

A continuación, conecta a la salida un reóstato y modifica la corriente de carga suministrada por la fuente de alimentación, comprobando el grado de estabilidad de la tensión en la carga y calcula el porcentaje de regulación obtenido, así como su resistencia interna.

Por último, somete a la fuente de alimentación a corrientes de carga superiores a la nominal y comprueba cómo actúa el sistema de limitación de corriente.

En el caso de surgir algún inconveniente de funcionamiento o una posible avería del circuito, consulta el apartado dedicado a la reparación de fuentes de alimentación incluido en la Unidad 8.

13.5. Verificación del funcionamiento de una fuente conmutada. Consigue una fuente de alimentación conmutada y realiza las siguientes operaciones:

- Analiza sus partes y explica la función que cumplen en el circuito.
- Identifica los componentes más relevantes y busca en Internet sus hojas de características.
- Conecta la fuente a la alimentación eléctrica y comprueba con el polímetro y el osciloscopio las tensiones que aparecen en las diferentes etapas de rectificación.



Figura 13.34. Fuente de alimentación conmutada.

13.6. Fuente de alimentación simétrica. Se trata de construir una fuente de alimentación con salida simétrica de ± 15 V y 1 A con la ayuda de los reguladores integrados LM815 y LM915. Estos reguladores proporcionan a su salida 15 V estabilizados, debiendo proporcionar a su entrada una tensión 3 V superior como mínimo para que se pueda producir el proceso de regulación (Figura 13.35).

Aquí se puede observar cómo se ha utilizado el LM815 para la alimentación positiva y el LM915 para la negativa.

Monta el circuito en el entrenador didáctico y comprueba las diferentes magnitudes que se dan en él mediante el polímetro y el osciloscopio.

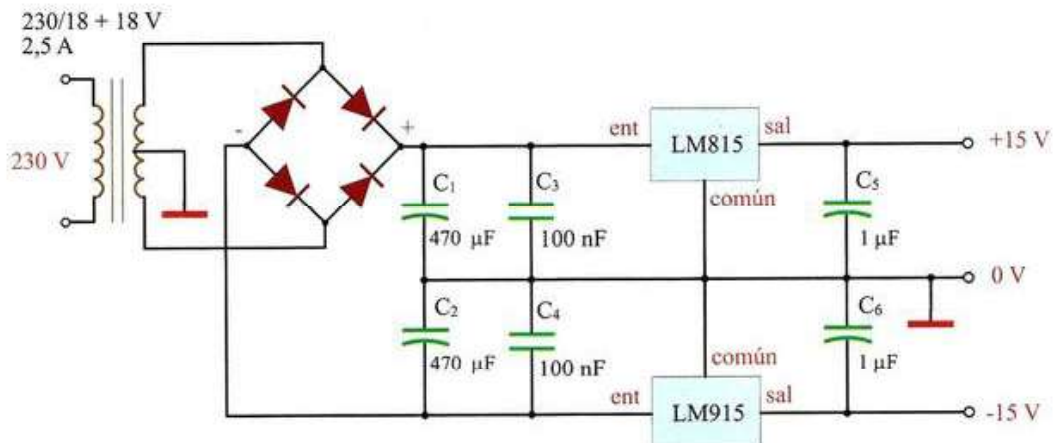


Figura 13.35. Fuente de alimentación simétrica de ± 15 V.

Actividades de comprobación

- 13.1. El diodo Zener en un circuito de estabilización trabaja con polarización:
- Directa.
 - Inversa.
 - Por debajo de 0,7 V.
- 13.2. De los diodos Zener expuestos, ¿cuál sería más adecuado si aplicamos una tensión de entrada de 9 V en un circuito de estabilización en paralelo?
- BZX85-C8.
 - BZX85-C9.
 - BZX85-C16.
- 13.3. Los reguladores de tensión integrados:
- Solo son útiles en muy limitadas aplicaciones.
 - Encarecen las fuentes de alimentación.
 - Consiguen un buen efecto de estabilización en la tensión de salida y simplifican enormemente los circuitos.
- 13.4. ¿Cuál es la potencia que disipa un diodo Zener al que se le aplican 20 V y por el que circula una corriente de 30 mA?
- 13.5. Determina la variación de tensión que se provocará en un diodo Zener, si este posee una resistencia Zener de 7Ω cuando la corriente fluctúa entre 15 y 40 mA.
- 13.6. Si el Zener del circuito de la Figura 13.36 posee una potencia nominal de 300 mW, determina el valor mínimo de R_s para que el diodo Zener no se destruya.

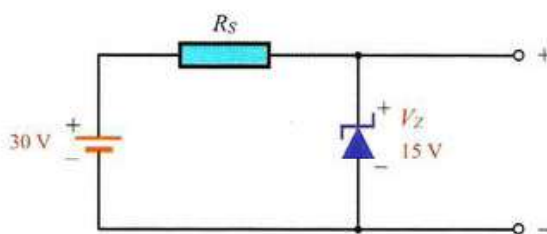


Figura 13.36.

- 13.7. ¿Cuál será la potencia a la que trabajará el diodo Zener del circuito de la Figura 13.36, si incluimos ahora en el circuito una resistencia de polarización R_s de 1 k Ω ?

- 13.8. Dibuja el circuito de una fuente de alimentación con un estabilizador en serie simple a base de un transistor de control y un diodo Zener. Si la tensión de salida del puente rectificador es de 22 V y se utiliza un transistor de potencia con una ganancia de 100, determina las características del diodo Zener, para una resistencia limitadora de 1,2 k Ω , para obtener una tensión estable de 11,4 V en la salida y una corriente de 200 mA. Calcula también la potencia que disipa el transistor de potencia.
- 13.9. En el regulador de tensión integrado de la Figura 13.37 la corriente de reposo I_O es de 6 mA. ¿De qué valor tendrá que ser el potenciómetro R_2 para conseguir ajustar la tensión a un valor máximo de 16 V? ¿Qué tensión se conseguiría con un potenciómetro de 1 k Ω ? ¿Qué potencia tendrá que disipar el regulador para una carga de 100 mA, si en la entrada se le aplica una tensión rectificadora de 30 V y en la salida se obtienen los 16 V?

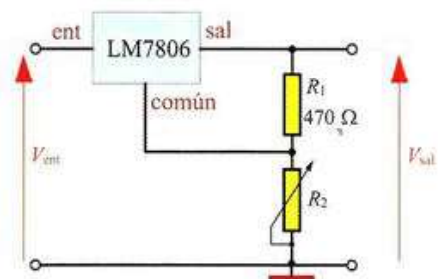


Figura 13.37.

- 13.10. Mediante un regulador LM7805, diseña un circuito para conseguir que este entregue a la carga una corriente fija de 508 mA.
- 13.11. ¿Qué fuente de alimentación posee mejor rendimiento y menor tamaño?
- Fuente de alimentación con regulador de tensión integrado.
 - Fuente de alimentación con Zener y transistor.
 - Fuente de alimentación conmutada.